

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНЕ И ЕГО СПЛАВАХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

Лазебная М.А., Храмов Г.В.

Руководитель – д.ф.-м.н. Колобов Ю.Р.

НОиИЦ «Наноструктурные материалы и нанотехнологии» Белгородского государственного университета, г. Белгород

lazebnaya@bsu.edu.ru

Одним из перспективных методов формирования биопокровов на поверхности титановых имплантатов является микродуговое оксидирование (МДО). Свойства (пористость, адгезия к поверхности, шероховатость, химический состав, микротвердость и другие) формируемых композитных слоев определяются многими параметрами проведения процесса. Использование в электролите такого компонента, как гидроксилапатит, способствует формированию композитных кальций-фосфатных покрытий, обладающих повышенной биоактивностью.

В данной работе рассмотрено влияние концентрации наноразмерного гидроксилапатита в электролите на свойства формируемых покрытий на титане марки ВТ 1-0.

Для получения покрытий использовалась разработанная в ИФПМ СО РАН (г. Томск) установка микродугового оксидирования MicroArc-2 с источником импульсов напряжения прямоугольной формы. Эксперимент проводился при следующих условиях: состав электролита – водный раствор 2% КОН с изменяющейся концентрацией ГАП от 0,1% до 2%; соотношение анодного и катодного токов $I_a/I_c=1$; время обработки для всех образцов – 15 мин. Анодный ток изменялся таким образом, чтобы за время обработки возможно было достичь максимального напряжения в 370 В для всех образцов.

Главный влияющий фактор в данном эксперименте - это диэлектрические свойства гидроксилапатита. Благодаря внедрению частиц ГАП в покрытие происходит выравнивание электрохимических процессов по поверхности образца, снижается температурный режим обработки и, соответственно, уменьшается травление образца и покрытия. При увеличении температуры снижается также и твердость покрытия, что совместно с внедрением ГАП должно увеличивать пластичность материала. Замечено, что чистый TiO_2 более подвержен скалыванию, особенно при упругих деформациях изделия.

При увеличении концентрации гидроксилапатита в электролите происходит увеличение толщины покрытия (рис.1) , но при концентрациях выше 1% наблюдается незначительное уменьшение. Это вызвано, вероятно, эффектом «пломбирования» покрытия добавкой, приводящим к деградации процессов, связанных с проводимостью покрытия и подвижностью ионов.

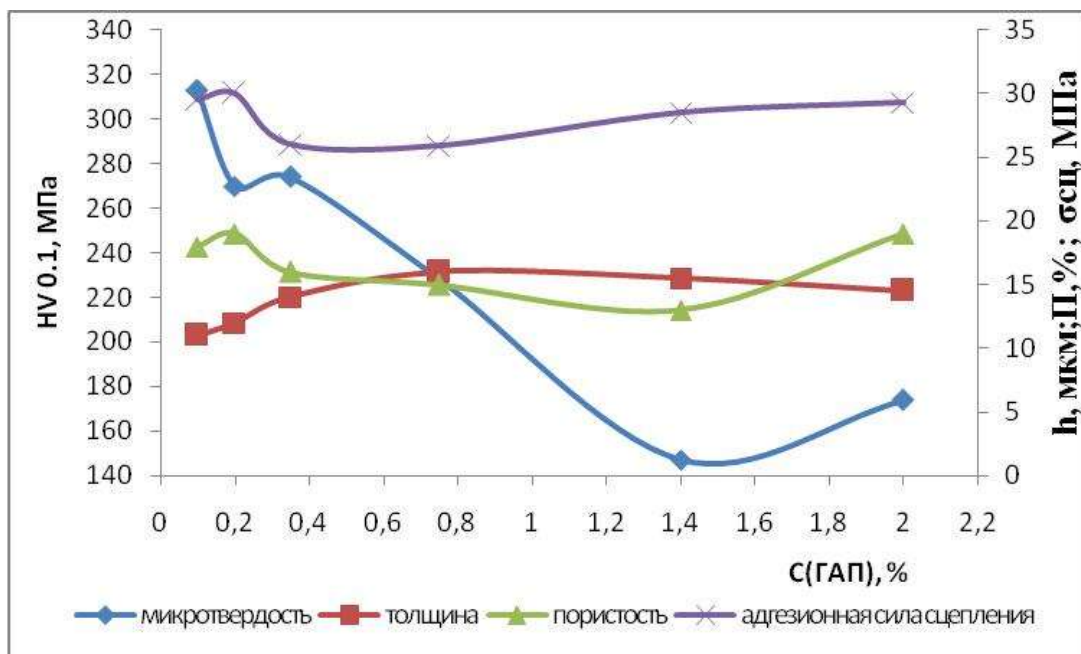


Рис. 1. Зависимость микротвердости, толщины, пористости и адгезионной прочности сцепления покрытия от изменения концентрации ГАП в электролите

Пористость покрытия (рис. 2) при малых концентрациях ГАП характеризуется меньшим диаметром пор и большим их количеством по сравнению с покрытиями, полученным в более насыщенных электролитах. Это согласуется с прочностью сцепления до концентрации $\sim 1\%$. При малых концентрациях ГАП наблюдается внедрение его в покрытие на определенных участках.

В данном эксперименте при варьировании исследуемой величины (концентрации ГАПа в электролите) происходит существенное изменение в соотношении Ca/P – в интервале от 1,2 до 8. Это дает основания полагать существенное различие химического и фазового состава покрытий, полученных при режимах с различным значением указанного параметра. Уточненные данные были получены при РФА-исследовании.

На всех образцах превалирует аморфная составляющая. Фазы титана, рутила и анатаза видны при всех концентрациях ГАП даже без термической обработки. Большинство остальных фаз проявляются только после термолиза, при этом уменьшается количество титана, который переходит в TiO_2 . Все это подтверждает предположение о том, что фазы составляющие покрытие не успевают кристаллизоваться, находясь в аморфном состоянии, и стеклуются по завершению процессов МДО.

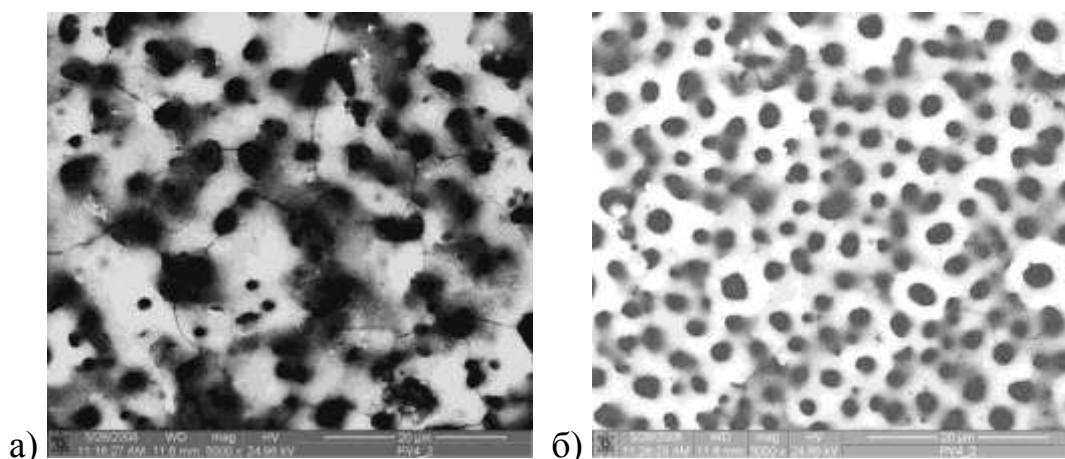


Рис. 2. Морфология покрытия образцов, полученных методом МДО в электролите, содержащем С (ГАП)= 1.4%. (а) и С(ГАП)= 0.1%. (б), х5000. Растровая электронная микроскопия.

При концентрациях гидроксилапатита в электролите $C(\text{ГАП})=0.35-0.75\%$ для количества фаз рутила и анатаза наблюдается минимум. При этих же концентрациях количество $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (витлоскит) и $\text{Ca}_2\text{Ti}_2\text{O}_6$ максимально. При этом содержание CaTiO_3 постепенно увеличивается при концентрации ГАП от 0.1% до 1.4%.

Принимая во внимание то, что эффект легирования покрытия ГАПом имеет насыщение при значении концентрации в электролите 0,75%, а также тот факт, что минимальные значения Ca/P и $\text{Ti}/(\text{Ca}+\text{P})$ (соответствует большей биоактивности покрытия) также приобретают в этой точке, то данная концентрация выбрана в качестве оптимальной.